

comme les germes de nodules à ciment de limonite qu'on voit en beaucoup de points.

La surface de ces grès est naturellement très rubéfiée et, dans bien des cas, recouverte de latérite ou même de limonite à peu près pure. M. Bourdariat a recueilli un fragment de ce genre qui engrène avec l'échantillon de grès pris immédiatement au-dessous de lui. L'union entre la latérite et le grès est extrêmement intime, et le sommet du Tambaoura est recouvert, comme la plaine elle-même, du manteau de cette curieuse formation. Même certaines variétés consistent en une sorte de conglomérat de petits fragments de grès enrobés et cimentés de latérite. Il en résulte une nouvelle variété de cette roche, déjà si protéiforme.

Les quelques lignes qui précèdent suffiront pour montrer que l'envoi de M. Bourdariat présente un grand intérêt, et c'est la raison qui m'a déterminé à en entretenir la Réunion des naturalistes.

---

*SUR LES FIGURES DE DÉCOMPOSITION DES CRISTAUX,*

PAR M. PAUL GAUBERT.

Les faces d'un cristal, qui s'effleurit lentement à la température ordinaire ou rapidement en le chauffant, montrent, au début de l'efflorescence, des taches, qui, d'après les observations de Pape<sup>(1)</sup>, sont elliptiques ou circulaires, suivant le degré de symétrie de la face considérée. Les axes de l'ellipse ont toujours la même direction et la même grandeur relative. Ces cercles et ces ellipses sont les sections d'un certain ellipsoïde (ellipsoïde d'efflorescence ou de décomposition), dont les axes sont désignés par Pape sous le nom d'*axes chimiques*.

D'après ces faits, on peut penser que la décomposition, autour d'un point quelconque de l'intérieur du cristal, progressé d'une façon inégale, suivant les différentes directions, et que la partie décomposée est limitée extérieurement par une surface ellipsoïdale. L'ellipsoïde dépend de la conductibilité thermique dans le cristal et d'autres propriétés de ce dernier, représentées aussi par un ellipsoïde (Sohncke)<sup>(2)</sup>. Schrauf<sup>(3)</sup> admet que la forme des

(1) C. PAPE, *Ueber das Verwitterungsellipsoid wasserhaltiger Krystalle*. *Pogg. Ann.*, t. CXXIV, p. 329, 1865; et t. CXXV, p. 513; et t. CXXXVIII, p. 364; 1868.

C. Pape fait remarquer, dans le second mémoire, que Grailich, dans une note de la traduction qu'il a faite de Miller : *Lehrbuch der Krystallographie*, Vienne, 1856, dit que les figures de décomposition sont très régulières, et qu'apparemment elles sont en relation avec le système cristallin.

(2) SOHNCKE, *Ueber das Verwitterungsellipsoid rhomboidrischer Krystalle*. *Zeitsch f. Krystall.*, t. IV, p. 225, 1880.

(3) SCHRAUF, *Phys. Min.*, t. II, p. 53.

figures d'efflorescence est en relation avec le clivage. Le sulfate de zinc, qui ne possède qu'un clivage, lui fournit un exemple sur lequel s'appuie son hypothèse. Dans cette substance, le grand axe de l'ellipse d'efflorescence est parallèle à l'intersection du clivage avec la face sur laquelle se produit la figure considérée. Mais, sur la face de clivage, on devrait avoir un cercle; or Pape a observé des figures elliptiques. Ce fait est aussi en contradiction avec l'explication de Exner<sup>(1)</sup>, qui admet que la forme des figures est en relation avec celles de dureté et, par conséquent aussi, avec le clivage.

Weiss<sup>(2)</sup>, en étudiant le gypse, a constaté que les taches sur  $g^1$ , au lieu d'être elliptiques, sont souvent quadrangulaires. Elles ont été aussi bien étudiées par Sohneke. Ces figures sont divisées en quatre secteurs par deux diagonales, faisant respectivement avec l'axe vertical des angles de 42 degrés et 39 degrés (Sohneke)<sup>(3)</sup>. Les stries qui se trouvent dans les cadrans supérieur et inférieur font un angle de 2° 7 à 3 degrés avec l'axe vertical. Sohneke a montré que le rapport des deux diamètres était variable avec la température. Si l'on désigne par  $l$  le diamètre longitudinal dirigé suivant l'axe vertical du gypse, et par  $q$  le diamètre transversal, le rapport  $\frac{q}{l}$  diminue avec la température. Il est égal à 1.180 à 105 degrés, 0.718 à 125 degrés, 0.667 à 160 degrés. On peut dire qu'à mesure que la température s'élève et que, par conséquent, la décomposition est moins lente, cette dernière se fait plus rapidement suivant l'axe vertical que sur la direction qui lui est perpendiculaire.

Tel est le phénomène observé, quand le gypse est chauffé dans l'air. Il est tout autre, comme on le verra plus loin, quand il est plongé dans un liquide bouillant, à une température assez élevée pour que la déshydratation du gypse puisse se produire (glycérine, huile, paraffine, baume de Canada, etc.).

M. Blasius<sup>(4)</sup> a constaté que, tandis que les faces de l'alun de chrome, du sulfate de fer, du sulfate de cuivre, donnent dans l'air des cercles ou des ellipses, dans un liquide, comme l'alcool, il se produit des formes ressemblant beaucoup plus à une figure de corrosion qu'à une figure d'efflorescence.

L'alun de chrome, par exemple, donne dans l'alcool presque absolu des figures à contours triangulaire, quadrangulaire ou hexagonal.

Nous voyons donc qu'il semble acquis que les corps qui s'effleurissent dans l'air donnent généralement des figures circulaires ou elliptiques, à

(1) EXNER, *Untersuchungen über die Härte an Krystallflächen*, Vienne, 1873.

(2) WEISS, *Deutsch. geol. Ges.*, 1875, p. 211.

(3) SOHNEKE, *Zeitsch. für Kryst.*, t. XXX, p. 1, 1898.

(4) BLASIUS, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. X, p. 221, 1885.

l'exception du gypse, et que s'ils sont déshydratés dans un liquide, il y a production de figures qui sont intermédiaires entre les figures de corrosion et les figures d'efflorescence.

J'ai fait quelques observations nouvelles et répété beaucoup des expériences de Pape et de Sohncke, qui m'ont amené à donner une interprétation nouvelle des figures d'efflorescence.

Je vais d'abord décrire les faits suivants, qui serviront de base à mon interprétation :

*Gypse.* — Un des procédés d'étude les plus commodes consiste à chauffer dans une goutte de baume de Canada ou de glycérine, sur une lame de verre, une lame de clivage de gypse, assez mince pour que la teinte de polarisation soit le gris de premier ordre. L'opération terminée, le baume est recouvert d'une lamelle couvre-objet, et la préparation peut ainsi être conservée indéfiniment. Dans ce cas, j'ai constaté qu'il se produit au commencement de la déshydratation des aiguilles cristallines très allongées, suivant l'axe vertical du gypse plus biréfringentes que ce minéral, et s'éteignant suivant leur longueur. Elles atteignent souvent un centimètre de longueur et un demi-millimètre de large. La même préparation montre des bandes de dimensions différentes; mais les proportions relatives sont en général à peu près les mêmes (la longueur est en moyenne égale à une vingtaine de fois la largeur), si l'on considère naturellement celles qui ne sont pas limitées à leurs deux extrémités par le clivage du gypse transversal à l'axe vertical.

Les aiguilles sont souvent terminées à leurs deux extrémités par une droite faisant avec le clivage  $h'$  un angle différent avec la bande considérée, mais voisin de  $42$  degrés. Différentes lames ont donné respectivement  $43$ ,  $44$ ,  $42$ ,  $41$ ,  $42$ ,  $45$ ,  $40$  degrés. Quelquefois on a encore une autre face. L'angle est alors égal à  $35$  degrés environ.

L'examen avec un fort grossissement montre que les lignes dont il vient d'être question ne sont pas des droites, mais qu'elles limitent un grand nombre de cristaux. La bande est, en somme, formée par des cristaux fibrillaires placés les uns à côté des autres. Cette fibrosité donne l'opacité. L'existence de cette fibrosité est facile à constater, on n'a qu'à essayer de lacérer la lamelle de gypse; avec une aiguille très fine, on arrive à isoler à ses extrémités une de ces lames et l'on peut voir alors les cristaux filiformes se séparer. Il est aussi facile de vérifier que toutes les fibres cristallines se trouvent sur un même plan, de telle façon que souvent la lame, même lorsqu'elle atteint deux millimètres de large, paraît être unique. Il eût été très intéressant de voir les formes terminant ces fibrilles, mais, à cause de leur petitesse, je n'ai pas réussi.

On s'explique aussi pourquoi l'angle que fait l'ensemble des extrémités de ces fibres avec l'axe vertical est variable, puisqu'il ne correspond pas à

une direction cristallographique unique, mais à un ensemble. Quelquefois la bande ainsi produite est terminée par une ligne courbe plus ou moins régulière ayant parfois la forme d'un arc d'ellipse. J'ai dessiné cet arc à la chambre claire en employant un fort grossissement, et j'ai calculé s'il pouvait appartenir à une ellipse. Les résultats fournis par plusieurs courbes ne sont pas très concordants avec une ellipse :

Si l'on opère avec une lame un peu épaisse, les bandes ne traversent pas toute l'épaisseur du gypse; il faut, pour que cela ait lieu, chauffer plus longtemps, et alors la masse devient beaucoup plus fibrillaire et, par conséquent, plus opaque.

Les figures d'efflorescence formées dans l'air doivent leur forme à la production de petits cristaux qui ont trois orientations différentes, comme l'indique la figure donnée par Weiss<sup>(1)</sup>, et reproduite par Sohncke<sup>(2)</sup>. Les propriétés optiques de ces cristaux ont été étudiées par M. A. Lacroix<sup>(3)</sup> sur des fragments de gypse complètement déshydratés. Les figures d'efflorescence correspondent aux rosettes qu'il a décrites. Il est inutile de revenir sur ces figures, qui sont suffisamment connues.

*Sulfate de cuivre.* — Les figures d'efflorescence s'obtiennent très facilement. Elles ont été bien étudiées par C. Pape, qui les a aussi figurées et mesurées. Elles ont à peu près la forme d'une ellipse, et le rapport des deux axes de l'ellipse sur les différentes faces est le suivant (Pape) :

	VALEURS	
	OBSERVÉES.	CALCULÉES.
$g^1$ (010) .....	1,850	(1,850)
$g^3$ (120) .....	2,356	2,306
$t$ (110) .....	2,443	2,443
$d^{1/2}$ (111) .....	1,513	(1,537)
(1.13.3) .....	cercle	1,102

Les axes de l'ellipsoïde, calculés avec les valeurs 1,850 et 1,537, sont :  
 $a : b : c = 0,5403 : 0,3963 : 1$ .

J'ai pris, pour répéter les observations de Pape, de très petits cristaux ayant de 1 à 5 millimètres de longueur et ayant la face qui devait être examinée aussi parfaite que possible.

L'examen des petites figures d'efflorescence pouvait ainsi être fait au microscope, et un fort grossissement était employé. Les cristaux étaient mis dans un dessiccateur ou collés sur une lame porte-objet qui était placée, pendant quelques fractions de seconde, sur une flamme. L'examen

(1) WEISS, *Deutsch. geol. Ges.*, 1877, p. 211.

(2) SOHNCKE, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXX, p. 2.

(3) A. LACROIX, *C. R. de l'Ac. des Sc.*, 1898, t. CXXVI, p. 360 et 553.

des figures montre que leur contour n'est pas régulier, et, bien que la ligne de séparation, entre la partie effleurée et la surface intacte du cristal, ressemble à une ellipse, le contour est sinueux. Les mesures du plus grand et du plus petit diamètre, faites sur les figures de la face  $g^1$  d'un cristal passé sur la flamme et, par conséquent, obtenues à haute température, a donné les résultats indiqués dans la colonne I. La lame couvre-objet a été ensuite placée dans un dessiccateur et les figures ont été mesurées de nouveau; les résultats sont donnés dans la colonne II.

I	II
1,6.....	2,3
1,7.....	2,2
1,6.....	2,5
1,6.....	2,2
1,5.....	2,1
1,6.....	2,1

Les figures se sont donc allongées en continuant à se développer dans l'air sec; mais le tableau ci-dessus indique que l'allongement dans un sens ne s'est pas fait également dans les différentes figures. Ces dernières ayant été dessinées à la chambre claire, des ellipses ont été construites avec les axes des figures, la coïncidence est loin d'être satisfaisante. Les figures d'efflorescence, vers les deux extrémités du grand axe, sont plus larges que l'ellipse; cependant, dans quelques cas, l'inverse a lieu. Sur dix figures bien choisies et ayant l'apparence elliptique, trois offraient le dernier cas et six le premier. Je n'insisterai pas longtemps sur ces figures, je ferai remarquer que leur contour est sinueux, alors même que la face considérée est parfaite, que les rapports des deux diamètres sont assez variables pour la même face. Ainsi une face  $g^1$ , chauffée directement sur la flamme d'une lampe à pétrole, a donné dans ce cas une dizaine de figures ayant environ 1 millimètre de longueur et dont le rapport des axes est à peu près 1,3. La même face, chauffée sur une autre partie, mais un peu moins longtemps, n'a donné des figures qu'une demi-minute après le chauffage. Celles-ci, beaucoup plus allongées que les premières, mais plus petites, ont un rapport d'axes de 2,5, rapport qui a diminué par l'accroissement inégal des figures pour tomber à 1,8. La variation de ces figures est peut-être due à ce qu'il se produit des hydrates différents à chaque température. A chaque sulfate hydraté prenant naissance correspondrait une figure d'efflorescence particulière, comme C. Pape l'a déjà observé.

La plupart des figures de la face  $m$  ont plutôt un contour hexagonal qu'un contour elliptique. L'hexagone a un angle en haut, un angle en bas et deux côtés verticaux, généralement très allongés.

Dans une autre expérience, en passant un cristal sur la flamme d'une lampe, il se produit des figures en apparence elliptiques, dont le contour est formé par d'autres figures d'efflorescence beaucoup plus petite. La

partie intérieure est presque intacte, si ce n'est le centre. Il arrive même qu'il existe deux figures concentriques formées de la même façon ; dans ce cas, le centre paraît inattaqué. D'autres figures assez curieuses peuvent se produire si l'on chauffe le cristal sur la flamme. Toute la partie en dehors de ces figures à intérieur intact peut montrer de petites figures de corrosion, et l'on a alors des taches elliptiques bleues sur fond blanc.

Malgré cette variété de figures, il y a pour chaque face et pour chaque mode de leur production une forme générale constante, mais beaucoup moins régulière que ne l'a indiqué Pape. Cependant, les figures que donne cet auteur (fig. 1, pl. XI, *Pogg. Ann.*, t. CXXXIII) sont loin d'être régulières et de donner de bonnes mesures.

Les cristaux de sulfate de cuivre, chauffés dans l'huile, montrent des figures radiées plus ou moins elliptiques, fermées par des bandes en creux aboutissant à un point central.

*Alun de chrome.* — Les figures d'efflorescence de l'alun de chrome sont circulaires en apparence et, si elles sont examinées à un faible grossissement, elles paraissent même être des cercles parfaits. Mais celles qu'on observe sur des cristaux microscopiques, avec un fort grossissement, ont un contour nettement polygonal et rappelant celui des figures de corrosion. Blasius a observé les figures se formant dans l'alcool presque absolu. Il s'est produit de véritables figures de corrosion, identiques à celles qui se produisent dans l'eau,

Les cristaux d'alun de chrome, chauffés dans l'huile, ne donnent pas des figures semblables à celles qui sont obtenues dans l'alcool, mais identiques à celles qui se forment dans l'air. Elles sont beaucoup plus petites que ces dernières, et toute la surface se recouvre rapidement d'une couche homogène de matière décomposée.

Il est à remarquer que l'huile n'a aucune action sur le chrome, tandis que l'alcool, contenant un peu d'eau, dissout légèrement l'alun, et qu'il est naturel qu'il se produise des figures de corrosion.

Les corps efflorescents ne sont pas les seuls à donner des figures elliptiques ou circulaires ; les substances qui se décomposent peuvent aussi en donner de semblables, s'il se produit un corps en petits cristaux ou amorphe se déposant à la surface de la face cristalline.

Les rhomboédres de calcite, chauffés à haute température, montrent sur leurs faces des figures presque circulaires. Avec beaucoup de précautions, on peut obtenir de bonnes figures avec les autres carbonates rhomboédriques.

D'autres expériences ont été faites sur l'acétate de cuivre, le sulfate de soude, etc. ; elles n'ont rien donné de particulier.

Les observations qui précèdent et celles qui sont déjà connues conduisent aux conclusions suivantes :

1° Les figures d'efflorescence ont des contours grossièrement elliptiques

ou circulaires, lorsque le cristal est effleuré au contact de l'air et que la matière nouvelle qui s'est formée n'est pas orientée sur le cristal qui lui a donné naissance. Les contours paraissent d'autant plus réguliers que la substance formée est à grains plus fins ;

2° Les figures d'efflorescence ont des contours polygonaux, si les cristaux prenant naissance sont de grande taille ou s'ils sont orientés sur le corps primitif (gypse déshydraté dans l'air) ;

3° Il se produit des figures de corrosion si la substance est déshydratée dans un liquide agissant sur le cristal et si les cristaux du corps produit ne sont pas sur le minéral primitif ;

4° Il se forme des taches qui ne correspondent ni à des figures de corrosion, ni à des figures d'efflorescence, si le corps nouveau qui se produit a la même orientation que le premier (gypse chauffé dans un liquide).

Ces faits nous amènent à nous demander s'il y a un ellipsoïde d'efflorescence, c'est-à-dire si la décomposition ayant commencé à un point donné du cristal se fait inégalement dans les différentes directions, de façon que la surface séparant la partie intacte de la partie décomposée soit un ellipsoïde, dont la forme est en relation avec la symétrie du cristal.

On a vu plus haut que, dans la plupart des cas, les figures d'efflorescence n'ont pas un contour suffisamment régulier pour que leur forme elliptique ne soit pas contestable. On pourrait penser que l'irrégularité est due à l'imperfection de la face. J'ai comparé, pour me rendre compte de l'influence de cette imperfection, le contour de figures de conductibilité, obtenues autrefois par Ed. Jannettaz sur des faces de cristaux de sulfate de cuivre, avec celui des figures d'efflorescence obtenues sur le même échantillon. Le premier est de beaucoup plus parfait.

Les figures d'efflorescence donnent, en somme, de mauvaises mesures, et les erreurs peuvent être très fortes. Ainsi Pape a trouvé que les corps rhomboédriques ont des figures circulaires, alors que Sohnecke <sup>(1)</sup> a montré que celles-ci sont elliptiques. Pape croyait aussi que les figures du gypse sont souvent elliptiques, alors qu'elles ne le sont jamais. Elles peuvent avoir grossièrement la forme d'une ellipse ; mais l'examen microscopique montre que les contours sont différents de cette dernière.

Ce qui est certain, c'est que, lorsqu'un cristal se transforme en une autre substance, soit par perte d'eau, soit d'une autre façon, si le nouveau corps qui se produit a la même orientation que le premier, il n'y a pas de figure d'efflorescence. Dans ce cas, la surface de séparation est plane, au moins en grande partie ; tel est le cas du gypse. Nous avons vu que, pour ce corps, il y avait production de bandes formées parfois d'un grand nombre de fibrilles disposées parallèlement côte à côte. La droite qui limite aux deux extrémités les bandes fait un angle à peu près constant avec l'axe ver-

(1) SOHNCKE, *Zeitscar. f. Kryst.*, t. IV, p. 225.

tial. Ce cristal de gypse se décompose donc suivant  $h^1$  et suivant une autre direction. La face  $h^1$  du gypse coïncide avec une face du gypse déshydraté; quant à l'autre face de séparation, elle est beaucoup moins régulière; est-ce le gypse qui se décompose suivant la face, ou bien est-ce la face terminale du nouveau corps qui entraîne la formation de cette face du gypse? Je n'ai pu résoudre la question: en outre, j'ai opéré à différentes températures pour rechercher s'il se produit d'autres faces terminales; je n'ai obtenu aucun résultat.

Le gypse montre aussi que la transformation se fait beaucoup plus rapidement dans une direction que dans celle qui lui est perpendiculaire.

Pour le gypse se déshydratant dans l'air, il y a production de cristaux, orientés comme lorsque le cristal est chauffé dans un liquide; mais l'orientation se fait dans plusieurs directions. Il n'y a pas du tout d'ellipsoïde d'efflorescence.

La forme elliptique n'étant pas constante dans les cristaux, on est amené à penser qu'elle est secondaire, que la décomposition autour d'un point, tout en se faisant inégalement dans différentes directions, comme dans le gypse, par exemple, ne peut être représentée par une ellipsoïde. Ce que nous savons sur le gypse permet de supposer que la surface de séparation entre le cristal intact et la substance qui s'est formée à ses dépens est un plan. Si les éléments produits sont très petits, la ligne de séparation sera une ligne droite ou une ligne polygonale, dont les côtés seront très petits et pourront simuler une courbe régulière. La décomposition commençant autour d'un point, les petits cristaux qui prennent naissance peuvent s'orienter dans toutes les directions autour du point d'origine, et alors on aura encore une figure elliptique ou circulaire. Cette hypothèse n'a rien d'extraordinaire, puisque beaucoup de cristaux forment des sphérolites, et c'est même une tendance de la plupart des substances de donner, quand on fait évaporer rapidement leur solution sur une lame de verre, des cristaux partant tous d'un même point.

Enfin, des faits qui ont été exposés dans cette note et de ce que l'on sait sur les figures de corrosion et les faces de dissolution, on peut conclure qu'un cristal en voie de destruction lente est terminée par des faces planes, qu'il soit en contact avec un fluide ou avec un corps solide ayant pris naissance à ses dépens.

---

*SUR LE RUBIS ARTIFICIEL DE MM. FRÉMY ET VERNEUIL,*

PAR M. G. MELCZER.

Pour compléter mes études faites sur les rubis de Birmanie et de Ceylan, j'ai demandé à M. le professeur A. Lacroix de m'envoyer quelques beaux cristaux artificiels de rubis préparés par MM. Frémy et Verneuil, et c'est grâce à son obligeance que j'ai pu étudier ces intéressants cristaux.